

## Übung 3

zur Vorlesung im WS05/06

### Einführung in die Astroteilchenphysik

#### 3.1 Dichte der kosmischen Hintergrundstrahlung (12P)

Gleichung (2.70) im Skript gibt den Energiefluß pro Frequenzintervall, Flächen-, Zeit- und Raumwinkeleinheit der kosmischen Hintergrundstrahlung entsprechend einer Schwarzkörperstrahlung an.

- a) Zeigen Sie, dass das Spektrum bei Expansion des Weltalls seine Form beibehält.

Bestimmen Sie für die heutigen Parameter:

- b) den gesamten Energiefluß durch Integration der Gleichung (2.71);  
c) die dazugehörige Energiedichte der Strahlung;  
d) den gesamten Photonenfluß;  
e) die Photonendichte.

Hinweis:

$$\int_0^\infty \frac{x^2 dx}{e^x - 1} = 2.404, \quad \int_0^\infty \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \frac{\pi^4}{15}$$

#### 3.2 Ereignishorizont (8P)

- a) Bestimmen Sie nach Gleichung (2.54) im Skript den Ereignishorizont  $d_H$  zur GUT-Zeit.  
Hinweis: Parametrisieren Sie  $R(t)$  so, dass sich bei Strahlungsdominanz der Wert von  $R$  für die GUT-Zeit ergibt (siehe Tabelle 2.2 im Skript).
- b) Wie groß ist  $d_H(t_{GUT})$  heute aufgrund der Expansion des Weltalls?